

PHENOMENES DU LAC GLACIAIRE DU GORNER

A. Bezinge, J. P. Perreten, F. Schafer, ing, à Grande Dixence S. A

Historique du lac Gorner (Gornersee)

Le lac glaciaire du Gorner situé dans le massif du Mont-Rose (Alpes valaisannes) est un lac de confluence connu dès le XVII^e siècle par ses vidanges brusques et les dégâts qu'il causait dans la vallée de St-Nicolas: inondations, destructions de chalets, etc. Le Gornersee déjà dessiné en 1682 sur la carte du Valais par Lambien est formé par une dépression due à la confluence des deux grands glaciers Gorner et Grenz. Son remplissage est assuré par la fonte estivale du glacier du Mont-Rose (env. 3 km²) et par une partie de la fusion locale des deux glaciers susmentionnés.

En général, dès le milieu de l'été, le lac se vide rapidement et l'eau s'échappe par des circulations intra ou sous-glaciaire, de plus de sept kilomètres de long, et ressort au portail du glacier avec une couleur jaune caractéristique et un gros débit de pointe qui se superpose au débit normal du glacier. M. Renaud définit comme suit la zone glaciaire qui se situe entre le Gornersee et le Riffelhorn:

«Elle constitue la partie élargie et étalée du glacier. La déclivité en est extrêmement faible; en effet, sur une longueur de 4,5 kilomètres, le glacier ne descend que de 120 mètres environ, soit une pente moyenne de 3 ‰. Il en résulte que cette région de la surface glaciaire offre une grande régularité et par conséquent un crevassement presque nul.»

Les anciens de Zermatt se rappellent encore les dégâts énormes créés par ces augmentations subites de débits, qui en 1944 ont atteint plus de 150 mètres cube seconde. Lors de cette vidange, l'on a noté des hauteurs d'eau de 40 à 50 mètres dans les gorges, en amont de Zermatt- qui ont détruit la passerelle touristique, bien connue, installée depuis 1890.

Comme tous les glaciers des Alpes, le glacier du Gorner a subi au cours des âges des variations de grandeur et de forme, d'où des influences assez considérables sur l'importance du Gornersee.

En effet en 1682, après l'extension des glaciers de ce millénaire, le lac est dessiné comme ayant une grande surface par rapport aux glaciers. A cette date, les glaciers environnants légèrement en décrue devaient former la dépression du Gornersee à une altitude supérieure à 2700 mètres A

noter sur cette figure, le lac de Saas (Saas-See) formé par le barrage glaciaire de l'Allalingletscher étudié par O. Lutschg.

Sur la carte de Walser de 1768, le lac de Saas est dessiné, mais pas le Gornersee. Sur une carte imprimée à Strasbourg en 1798, l'on distingue le Gornersee comme le Saas-See. Sur la carte Engelhardt de Strasbourg, 1850, le lac du Gorner a une forme de croissant dessiné à la jonction des trois glaciers.

Sur la carte de Schalinder (Berlin), faite en 1851, le Gornersee, de forme petite, est situé à la cote 2956?

En 1862, 13 ans après la crue maximale du siècle, sur une carte de Dufour au 1/100 000, le Gornersee forme un triangle de 200 par 300 mètres, soit environ 3 hectares (30 000 m²).

En 1878, les glaciers sont en décrues. Malgré cela, il semble que la dépression du Gornersee est faible puisque la surface du lac représente moins d'un hectare. Son niveau maximum est d'environ 2670 mètres.

En 1931, les glaciers toujours en décrues définissent le niveau maximum du Gornersee à environ 2650 m. avec une surface de 15 hectares.

Vers 1955, le glacier du Mont-Rose, en recul constant, a vu son front quitter le lac. En 1968, l'altitude du front est à 2800. Il est probable que c'est vers 1945 que ce glacier a abandonné sa poussée sur la confluence des deux grands glaciers.

En 1968, le Gornersee a atteint la cote de 2600,80 avec une surface totale de 22 hectares. Dans son état actuel, le Gornersee est formé de deux parties: le lac supérieur résultant d'un surcreusement dans la moraine frontale du glacier du Mont-Rose avec un barrage morainique à l'aval, arasé à 2598, d'une surface de 4 à 5 hectares. La partie amont du lac est formée par le bed-rock du glacier du Mont-Rose actuellement en retrait.

Le lac inférieur formé par la masse glaciaire du Grenzgletscher reçoit les eaux qui se déversent du lac supérieur et les eaux de fonte superficielles des deux glaciers Grenz et Gorner. Lorsque le niveau du lac inférieur atteint la cote 2598, les deux lacs se confondent en un seul. Le lac inférieur contient des icebergs importants, résidus des poussées hydrauliques qui ont désagréé la rive droite du Grenzgletscher.

Les crues antérieures, résultant d'une vidange du Gornersee, ont pu être étudiées approximativement par un réseau de stations de mesures installé dès 1896 dans la vallée de St-Nicolas. En analysant les courbes de débit, l'on peut estimer les volumes de vidanges entre 2 et 6.10⁶ m³. En général, la vidange du lac s'effectue de juillet à septembre avec de grandes variations dans les débits, mais elle se produit toujours avec le lac plein ou presque plein.

Les limnigrammes indiquent que les pointes maxima de débit sont atteintes un à deux jours après le début de la crue. Ensuite, le débit décroît rapidement pour se stabiliser au régime normal un ou deux jours après.

Installations, mesures et observations de Grande-Dixence et de M. Elliston

Afin d'étudier les possibilités de captage d'eau sous-glaciaire, la société hydro-électrique de Grande Dixence a exécuté, de 1948 à 1952, sur les glaciers du Gorner certaines mesures et observations avec entre autres:

- précipitations locales;
- ablations;
- vitesses d'avancement;
- détermination du bed-rock par forage ou sondage sismiques.

De ces différents travaux, exécutés sous la direction de MM. Haeffely et Kasser, il ressort:

Ablations: 5 mètres par été sur les zones glaciaires environnantes du lac y compris le glacier du Mont-Rose.

Vitesses: Pour l'année hydrologique 1948-1949, les vitesses moyennes d'avancement et de convergence des deux glaciers Gorner et Grenz étaient de l'ordre de 60-80 mètres dont 33-44 mètres environ pour l'été et le reste pour l'hiver.

Par contre, au droit du lac en aval, la vitesse d'écoulement n'a été au maximum que de 2,50 mètres, donc c'est une zone de stagnation similaire à une zone morte en hydraulique.

Red-rock: Relevé du fond rocheux par sondages sismiques de la zone dissipatrice du glacier. L'on a trouvé que le fond rocheux comporte une dépression considérable due au surcreusement des masses glaciaires longues de 3 kilomètres et dont le fond atteint 2100 m. L'épaisseur de la glace atteint 400 m. Le seuil rocheux en aval limitant cette dépression est à la cote 2240.

Sur un profil transversal implanté sur le glacier supérieur du Boden, l'on a déterminé par forages thermiques et sondages sismiques la forme du thalweg et l'on a trouvé des matériaux morainiques à l'interface glace-rocher. A relever la baisse subite de pression d'eau constatée dans les forages lors de la fin de perforation au contact glace-moraine-roche ou dans une zone mal définie.

Pendant les années 1959-1960 et 1961, M. Elliston, géographe, a étudié le glacier du Gorner sous différents aspects et en résumé, il a trouvé ce qui suit:

1. Pendant quelques jours d'été, le glacier du Gorner contient en rétention entre 1 à 1,5. 10^6 m³ d'eau.

2. Approximativement, la moitié de l'eau de fusion met 24 heures pour s'écouler de la surface des glaciers à la sortie. L'autre moitié met 24 à 100 heures pour s'écouler.
3. La pointe journalière de débit qui se produit vers 18 heures provient d'un rehaussement des «réservoirs» internes des glaciers dû à la fonte de la journée (théorie de réservoirs en séries et en parallèles!).
4. Pendant l'été, les écoulements d'eau se produisent de plus en plus à l'intérieur du glacier comme s'il s'agissait d'un agrandissement des canaux inter ou sous-glaciaires. A la fin de l'été, presque tous les écoulements de surfaces disparaissent dans des crevasses ou des moulins.

M. Elliston a mesuré l'ablation sur l'isohype du Gornersee d'octobre 1959 à novembre 1960 et a trouvé 2,50 mètres. Cette valeur plus faible que celle mesurée par Grande Dixence s'explique par les conditions météorologiques défavorables à la fusion qui ont régné pendant l'été 1960.

Par un contrôle des niveaux du glacier du Gorner de 1931 à 1960, M. Elliston a calculé l'abaissement annuel moyen du glacier sur l'axe longitudinal du glacier du Gornersee au Portail et l'on s'aperçoit que la pente du glacier s'est légèrement accentuée.

Quant aux vitesses de déplacement mesurées lors des années 1959-1960, elles sont le double de celles mesurées par Grande Dixence, soit 220-500 m./an. Les proportions de déplacement en fonction des saisons sont semblables à celles trouvées en 1949-1950 et 1951.

En 1959, M. Elliston a mesuré du 11 août au 4 septembre des élévations de niveaux du Gornersee de 14 à 20 cm. par jour. Le 7 septembre, il a constaté que le lac avait baissé de 2 m. et le 9 septembre, au matin, le lac était vide. Dans les zones glaciaires environnantes du lac, plusieurs crevasses s'étant ouvertes, ce qui est «probablement dû à l'élimination des pressions du lac» (Elliston). En octobre, ce dernier a exécuté un relevé complet de la cuvette du lac au moyen d'un théodolite et a mesuré des profondeurs de l'ordre de 50 m.

Dès 1959, Grande Dixence a exécuté une galerie en rocher sous le glacier supérieur du Boden ainsi que des forages en glace ou en rocher afin de déterminer le bed-rock. Par les forages et sondages de 1949-1950 et les forages exécutés en 1958-1960, l'on a pu déterminer approximativement la forme de l'auge glaciaire.

Les forages Nos 1, 2 et 4 exécutés depuis la galerie en rocher ont capté des eaux intra ou sous-glaciaires, l'on a utilisé des manomètres et relevé les valeurs journalières de mars à juillet 1960 et de mars à septembre 1961. Les mesures de 1960 sont excellentes et indiquent les phénomènes suivants:

De mars au 6 mai 1960

Pressions assez constantes lors du début de la fusion des neiges, avec un niveau de l'ordre de 100 m. dans le glacier.

Du 6 mai au 23 mai 1960.

Pressions en hausse à l'intérieur du glacier jusqu'à 150 m. dans le glacier, puis vers le 18 mai, descente généralisée des pressions jusqu'au 23 mai avec une pression résiduelle de 100 m., sans que le débit de fonte des neiges ait varié fortement (entre 5-7 m³/s.).

A fin juin 1960

Les débits de fonte ont augmenté (pointe à 20 m³/s.) puis sont tombés brusquement le 26 juin. Les pressions légèrement oscillantes aux niveaux 2150-2200 descendent de 10 m. après la diminution de débit.

A fin juillet 1960

Les pressions de la période précédente se maintiennent jusqu'au 21 juillet puis descendent brusquement jusqu'au 24 juillet (sauf forage 2) pour atteindre respectivement 0 m. de pression pour le No 1 et le No 4 et 25 m. pour le No 2.

Les débits maxima ont passé de 10 m³/s. le 17 juillet pour atteindre 24 m³/s. le 20 juillet et tombent à 12 m³/s. le 23 juillet.

Par contre, les mesures faites en 1961 sont moins précises du fait de la stagnation apparente des mesures peut-être dues à une obstruction des forages ou à un blocage des manomètres.

Les pressions sont variables de mars à début juillet 1961. Elles accusent généralement une augmentation de pression au début de la fonte des neiges, vers le 15 mai, puis descendent lentement pour se stabiliser en juillet à une valeur ponctuelle indéfinie et non valable. La rupture du Gornersee le 16 septembre 1961 n'apporte aucune modification des pressions, ce qui laisse supposer un dérangement des appareils de mesure de pressions.

Dès la fin de 1961, les forages ont été libérés et l'eau a pu s'écouler normalement. En 1966-1967 et 1968, l'on a pu constater une pollution de l'eau s'écoulant par l'un des trois forages (1, 2 et 4), eau jaunâtre précédant chaque vidange du Gornersee.

Dès 1965, Grande Dixence a exécuté des relevés photogramétriques pour suivre l'évolution des formes du Gornersee et cela a permis de les comparer avec d'anciennes photographies aériennes.

En été 1968, nous avons pu enregistrer le niveau du Gornersee avant et pendant la vidange. Malheureusement, les pressions n'ont pu être enregistrées au droit du siphon. Ces points seront enregistrés en été 1969.

De la figure No 9, l'on en déduit que lors de la vidange du Gornersee, l'effet se fait sentir 12 heures après, à la sortie du glacier, d'où un volume approximatif de près de $1. 10^6 \text{ m}^3$ d'eau supplémentaire accumulé dans le glacier. Le volume total de vidange du Gornersee est approximativement de $2,9 10^6 \text{ m}^3$ en 1968.

A noter les eaux jaunâtres, caractéristiques du début de la crevaision du Gornersee, qui apparaissent 12 à 15 heures avant d'avoir une influence prépondérante sur les débits à la sortie du glacier. La vitesse de propagation de l'intumescence est d'environ 8 m./min.

En 1966, 1967 et 1968, l'on a observé, lors des gros débits de vidange, un déversement des eaux en amont de la langue terminale du glacier du Gorner, soit sur rive droite, soit sur rive gauche sur l'isohypse rocheux de 2300 m. environ, d'où une mise en pression généralisée du glacier dans cette zone-là et en amont. Ce phénomène est à mettre en parallèle avec un écoulement, que l'on peut voir sur une photo ancienne prise vers 1876, qui se produisait sur rive droite à la cote 2150 (bed-rock à la cote 2000). D'ailleurs, sur la carte Siegfried de 1877, deux écoulements latéraux sont indiqués sortant du glacier à cette cote.

En effet, comme l'indique Renaud, bien que le glacier du Gorner ait donné son nom à l'ensemble glaciaire, il n'est pas le plus important. De plus, il n'atteint même pas le portail, car ses glaces appuyées aux pentes du Gornergrat et du Riffelhorn contre lesquelles elles sont repoussées par les autres affluents sont totalement dissipées lorsqu'elles parviennent dans les parages du Gakihaupt.

Remarques et hypothèses

1. Historique du lac glaciaire du Gorner

Le Gornersee, créé par la confluence de deux glaciers existe principalement pendant les périodes de retrait glaciaire. Sa grandeur est liée à l'importance des décrues glaciaires: A ce sujet, les données de 1682, 1841, 1877 et 1933 donnent une image assez précise de ce phénomène. L'explication de la dépression est à chercher dans les différentes vitesses superficielles des glaciers qui environnent le Gornersee.

En période de crue: le glacier du Mont-Rose crée une alimentation supplémentaire qui vient buter sur la confluence des glaciers Grenz et Gorner, d'où diminution de la dépression glaciaire.

En période de décrue, c'est un phénomène inverse qui s'ensuit. De plus, la topographie locale du bed-rock à la confluence se prête à ce phénomène de dépression qui peut disparaître si l'abaissement des glaciers Grenz et Gorner se poursuit.

A notre connaissance locale, deux phénomènes semblables se sont produits: l'un faiblement marqué au glacier de Z'mutt indiqué sur la carte Imfeld 1877, l'autre plus important au glacier de Ferpècle à sa jonction avec le glacier du Mont-Miné. En 1947 et en 1952, les débâcles d'eau de plus de 100 m³/s. ont ravagé le val d'Hérens. Dès 1952, les deux glaciers se sont séparés et un lac de «surcreusement» en est resté.

A noter encore des ruptures de poches d'eau glaciaire qui se vident brusquement aussi bien en hiver qu'en été aux cotes 3000-3500 m. sur les glaciers de Hohberg et de Festi. Sur ce dernier, une vidange s'est produite en février 1967 avec un débit de 2-3 m³/s. pendant trois jours, ce qui est considérable en regard du bassin versant. Il devait s'agir d'eau accumulée pendant plusieurs années.

A titre documentaire, la chronique des glaciers suisses de 1921 mentionne: La fameuse et quasi rituelle «poche d'eau» du glacier du Trient, dont les débâcles périodiques trahissaient seules la mystérieuse existence, a eu cette fois un témoin oculaire de ses agissements: un berger des Petaudes, l'a vu crever le 20 juillet à 10 heures. Avec une détonation formidable, un jet d'eau de 10 m. de hauteur au moins a jailli du flanc droit du glacier du Trient à 100 m. en aval de la Fenêtre des Ecandies. L'eau limpide a coulé sur le névé du même nom pour disparaître bientôt après sous le glacier. Le Trient est resté gros pendant quelque 36 heures.

2. Phénomènes de vidange du Gornersee

Son remplissage est assuré comme nous l'avons vu de mai à juillet-août ou septembre par la fusion

Avant le début de la fusion, la zone glaciaire en aval du Gornersee se stabilise, ses vitesses d'avancement diminuent tout en recevant des poussées supplémentaires dues aux vitesses constantes des zones glaciaires supérieures. Ceci crée des compressions supplémentaires, des fluages conséquemment plus grands de la glace et une adaptation parfaite du glacier au bed-rock. Ce phénomène d'un plus grand fluage hivernal a été déterminé à la prise d'eau sous-glaciaire du Bisgletscher. De ces faits, l'eau de fonte printanière s'accumulant dans le Gornersee ne peut s'échapper.

Dans le courant de l'été, le Gornersee se remplit, mais le phénomène des vitesses d'avancement des zones glaciaires en aval s'accélère pour passer de 60 % (vitesse annuelle) à 180 % (mesures Elliston). Ces proportions sont variables d'année en année.

De plus, Elliston note un phénomène régressif d'aval en amont des écoulements d'eau superficiels en écoulements inter ou sous-glaciaires, dès le début de la fusion.

En reliant ces deux phénomènes qui coïncident à un moment donné avec le remplissage du Gornersee, l'on peut imaginer une rupture brusque d'un bouchon glaciaire avec un écoulement vadosé qui augmente par érosion de la glace due à la turbulence de l'eau.

De plus, la présence de la moraine médiane des glaciers Genz-Gorner crée une zone hétérogène qui selon sa profondeur et sa porosité peut présenter un point faible, ce qui faciliterait un écoulement intermorainique à un moment donné, lors de la remise en vitesse des zones glaciaires inférieures (voir Lliboutry, tome II, fig. 12-18).

L'explication du phénomène de vidange reste toutefois malaisé, que se passe-t-il dans la zone de surcreusement du Gorner inférieur, longue de 3 km.?

En effet, le niveau théorique minimum de la nappe aquifère dans le glacier est donné par le seuil rocheux en aval, situé à 2240 m. Il est certain que ce « plan d'eau » influence les vitesses de glissement du glacier et fausse le problème des écoulements intra ou sous-glaciaires. Aucune corrélation n'existe entre années chaude ou froide avec la période de vidange du Gorner, ce qui ne facilite guère l'étude.

Par contre, comme le relève M. Lliboutry (tome II), les vidanges de lacs de barrages glaciaires observées se produisent toujours en été comme le Gornersee.

En analysant, en 1968, le débit théorique de vidange du Gornersee dans le glacier, l'on s'aperçoit que de grandes variations se présentent. D'abord une pointe de débit de près de 45 m³/s. puis un arrêt de 2 heures 30 et le débit va passer de 3 m³/s. à 12 m³/s. en 30 heures avec deux arrêts sporadiques. Ceci doit être lié aux différents phénomènes d'écoulement et aux obstructions temporaires dues à des éboulements internes découlant de la turbulence de l'eau. Ces irrégularités de débit se retrouvent sur le torrent à la sortie du glacier de façon moins marquée, mais en plus grand nombre. Un phénomène semblable d'irrégularités de débit existe sur l'émissaire du glacier d'Argentière et a été décrit dans une étude de l'EdF à la SHF, mais sans que cela provienne d'une vidange d'un lac glaciaire.

A remarquer que sur 35 bassins dessableurs qui équipent les installations de captage d'eau de Grande Dixence, le bassin dessableur qui équipe l'adduction du Gorner est le seul qui, tout l'été, est recouvert de « gravillons » de glace en flottation. Une partie est due à l'effondrement

sporadique du portail du glacier, mais nous pensons qu'une grande proportion provient d'une érosion de la glace par l'eau de fonte en écoulement intra ou sous-glaciaire, preuve d'un agrandissement des canaux d'écoulement sous le glacier.

Nous pensons que les différentes théories émises sur l'hypothèse d'un cheminement de l'eau par fusion de la glace sont à écarter du fait des grandes quantités de chaleur et des circulations intenses qui sont nécessaires à ce phénomène (ces conditions sont exclues avant la rupture du bouchon glaciaire). La température de l'eau du Gornersee atteint 20 °C.

De plus, le phénomène de siphonage est à éliminer vu l'hétérogénéité qui caractérise un glacier. Un déversement superficiel suivi d'un écoulement intra-glaciaire n'a jamais été observé.

3. Temps d'écoulement à travers le glacier

En juillet 1968, le début de la vidange s'est produit vers 3 heures 30, le jeudi 18, avec une pointe brusque de débit de près de 45 m³/s.

Vers 16 heures, le même jour, à la sortie du glacier, l'eau était teintée de la couleur jaune «argile» caractéristique.

Soit un temps d'écoulement d'environ 12 heures du Gornersee à la sortie du glacier, d'où une vitesse d'écoulement intra-glaciaire de 9-10 m./min. environ, dans l'hypothèse d'une rupture aux abords du lac, pour une pente théorique de 8 ‰. D'après les temps mesurés, il est fort possible que le «bouchon» du Gornersee se situe à proximité de ce dernier.

A titre documentaire, en 1898, Forel avait mesuré au glacier du Rhône en août et septembre (donc avec des écoulements intra-glaciaires bien marqués!) 12 à 13 m./min. pour des pentes théoriques de 25 à 50 ‰ (essais effectués avec de la fluorescéine). Electricité de France et M. Vivian, géographe, ont de leur côté exécuté des mesures aux glaciers d'Argentières et de la Mer de Glace et il serait intéressant de les comparer. Dans les torrents de Zermatt, avec des pentes de même ordre 8-10 ‰, l'on obtient des vitesses d'intumescence de 80-100 m./min.

De plus, Grande Dixence a observé sur le glacier du Mont-Collon, qui est traversé par les purges sporadiques de la prise d'eau du Haut d'Arolla, le phénomène suivant:

A 2480 m. purges sporadiques de 10 à 15 minutes de 7-8 m³/s.

dévalant une moraine longue de 250 m. pour s'introduire sous le glacier du Mont-Collon, à l'altitude de 2300 m. Cette eau, après un

parcours sous-glaciaire de 1 km., en ressort à l'altitude de 2100 pour être à nouveau captée 500 m. plus loin. L'on note à cet endroit un retard de 1 heure sur la purge pour un parcours de 1 km. 75, dont 1 km. sous-glaciaire et un dénivelé total de 380 m., avec un débit supplémentaire constant de 2-3 m³/s. pendant 35-45 minutes. Donc il se produit un effet considérable de freinage et de régularisation des débits sous un glacier.

4. **Écoulements des eaux intra ou sous-glaciaires**

Dès 1960, le géologue de Grande Dixence a déterminé des pressions d'eau élevées sur les forages en rocher débouchant dans le thalweg du glacier. Phénomène aberrant?

Non puisque dans ce même profil, en 1966, 1967 et 1968, lors de la vidange du Gornersee, de l'eau est sortie sur rives droite et gauche démontrant que cette zone du glacier était sous pression. Ce phénomène temporaire lié à la vidange a duré de 12 à 20 heures en juillet 1968. Par contre, d'après la carte de 1877, deux torrents sortant du glacier sur rive droite démontrant que ce phénomène existait de façon permanente pendant l'été, à cette époque.

D'ailleurs ce phénomène de mise en pression a été détecté par les services d'EdF au glacier d'Argentière en septembre 1968. Après des pluies orageuses, les pressions, sur les forages débouchant dans un surcreusement glaciaire, ont brusquement augmenté de 9 à 18 kg./cm², pressions largement supérieures à la hauteur du seuil rocheux limitant le surcreusement. A notre avis, ce phénomène ne se produit que lorsque certaines conditions topographiques sont remplies: Auget glaciaire ouvert suivi d'un rétrécissement ou d'un coude brusque avec de grandes épaisseurs glaciaires, d'où des forces de compression élevées et un fluage important de la glace.

L'étanchéité du glacier aux écoulements intra ou sous-glaciaires?

L'étanchéité de ces bouchons ne peut être mise en cause puisque des éboulements de séracs ou des crues glaciaires ont causé les célèbres lacs de Giétroz et de Saas de sinistre mémoire.

Les pressions d'eau intra-glaciaire varient avec les débits d'eau et la saison. En début de saison, les pressions sont élevées puis s'abaissent quelque peu, oscillent, puis s'annulent après de gros débits vraisemblablement dûs à l'agrandissement des canaux intra ou sous-glaciaires. De plus, il ne faut pas négliger le phénomène des vitesses d'avancement et de glissement du glacier.

A titre documentaire, des résidus morainiques locaux peuvent jouer

un rôle puisque les forages en glace effectués en 1949 et 1950 montraient qu'à l'interface glace-rocher ou glace-moraine, les pressions d'eau des forages tombaient brusquement à zéro.

5. Constatations

Le Gornersee se remplit chaque année à partir de mai-juin et se vidange chaque année en juillet, août ou septembre. Jusqu'à maintenant, l'on n'a jamais pu prouver qu'il y ait eu deux vidanges estivales ou une année sans vidange.

La vidange s'effectue brusquement comme elle diminue brusquement après vidange totale du lac.

Les débits maxima de vidange oscillent entre 15 à 150 m³/s. selon les années et les volumes peuvent représenter 2 à 6. 10⁶ m³, dont 1/3 ou 1/4 seulement est accumulé dans le Gornersee visible.

Donc le volume important résiduel est stocké sous la glace.

Le Gornersee, connu depuis 1682, existe principalement lorsque les glaciers sont en décrues et diminue lors des crues glaciaires.

Afin de déterminer les cheminements préférentiels des eaux, il faut encore déterminer la qualité et les caractéristiques géologiques des différentes moraines médianes qui peuvent donner des indices.

Lors de certaines vidanges, «l'engorgement» du glacier fait sauter le portail glaciaire et quelques centaines de mètres cube de glace sont transportés par le torrent.

Dans le futur, la société Grande Dixence prévoit d'augmenter les mesures et les observations de ce phénomène naturel. La situation exceptionnelle de la galerie et des forages exécutés, ainsi que les installations de captages et de mesures permettront de mieux analyser ce problème.

REFERENCES

Rabot C	Les débâcles glaciaires
Lutschg	Niederschlag
Lliboutry	Traité de glaciologie I et II
Elliston	Documentation sur le Gorner
Renaud	Les entonnoirs du glacier du Gorner
Société hydrotechnique de France SHF	Documents
Electricité de France	Documents
Grande Dixence	Documents
Club alpin Suisse	La revue des Alpes
Mercanton	Le glacier du Rhône
AIHS	Publications
Wilhelm	Etude GD sur le lac du Gorner
Musée alpin de Zermatt	Documents